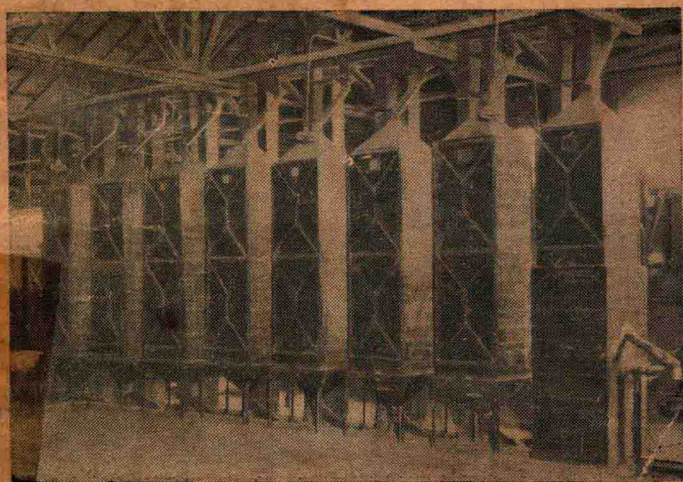


穀類火力乾燥裝置

焦 易 民 譯



龍門聯合書局印行

穀類火力乾燥裝置

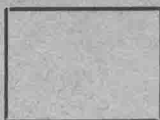
工藤文太郎
小田島耕造
焦 易 民

原著

譯

龍門聯合書局印行

穀類火力乾燥裝置



版權所有 翻印必究

譯者
出版者

焦嚴

易幼

民芝

上海南京路三〇〇

電話三〇〇

聯門

馬

河南中

號

電話一七六

四

靜安

店

上海

電話

分售處

北京南城

北京西城支店

瀋陽分局

天津分局

南京分局

重慶分局

廣州分局

漢口分局

西安分局

杭州分銷處

長沙分銷處

台灣分銷處

西單福壽商場6號

太原街40號

羅斯福路303號

太平路267號

中山一路318號

漢永北路204號

江漢一路3號

東大街231號

平海路102號

府正街36號

台北衡陽路12號

定價叁元伍角 外埠酌加郵運費

九五〇年十月初版

序

關於食糧問題，當以增加生產和安全儲藏並重，而後者的研究，若能完全防止蟲害腐爛等項損失，其結果實與增產無異。

澈底安全貯藏食糧的道理，包括了倉庫乾燥穀類乾燥和殺除蟲害，其在技術上首先要注意的，是如何使食糧中所含的水份，於不減少其營養價值下，達到合理的標準，俾便於長期保存。這裏，使用火力底乾燥裝置，便可發揮其最有價值的作用。

說到食糧的火力乾燥問題，我國很少參考材料，最近焦易民君搜集了日本的專門材料，把日本研究已有成績的若干技術乃至理論，作綜合之探討，逐譯其扼要部分，定名穀類火力乾燥裝置，以供從事保糧工作者底參考。內容從乾燥的定義起，有系統地介紹了日本特准專利之金岡式及三林式、齋啓式等火力乾燥機底結構與操作概要，敘述簡明，圖表齊全，實為當今保糧工作上至可珍貴之書籍。

食糧底收穫，乃是勞動者經營的成果，春耕、夏耘、秋收、冬藏，誠所謂粒粒皆辛苦，怎樣來保藏這勞動生產底結晶，尤是社會各界嚴密注意之問題。這本冊子在技術上解答了這個問題，也符合了客觀上的急迫需要，不久的將來，我們可以看着他不斷而走，行銷於全國。

孫 偉序於上海

一九五〇年十月一日

目次

一	前言	1
二	穀類之含水量與品質及貯藏力	2
三	穀類之乾燥方法及火力乾燥之必要	3
四	大氣壓力與乾燥室內之氣壓	4
五	乾燥與空氣之效果	5
六	給風裝置	6
七	排氣裝置	7
八	飽和水蒸氣與熱量	8
九	乾燥所需之空氣量排氣溫度及總熱量	9
一〇	穀類火力乾燥裝置之分類	14
一一	乾燥塔與穀槽	16
一二	燃料	17
一三	爐	17
一四	扇風機與自動通風調節裝置	18
一五	熱風溫度之調節	18
一六	乾燥時間	19
一七	乾減水量	20
一八	爆腰增加率	21
一九	升降機	22
二〇	動力	22
二一	簡易穀類火力乾燥室	22
二二	穀類簡易火力乾燥機	33
二三	大型穀類火力乾燥機	35
二四	穀類火力乾燥試驗	43

穀類火力乾燥裝置

一 前 言

乾燥者，乃利用不使被乾燥物物質發生變化之溫度，使固體或半流動體（例如穀類）中所含有之水份，由蒸發而被除去之謂。

加熱以使物料乾燥之際，若空氣之關係濕度（空氣中所含水份之比例）小，則在收容水蒸氣量增加之下，乾燥操作可不必加熱，僅需乾燥物周圍之空氣充分乾燥，或於同室中置放乾燥劑如氯化鈣，硫酸之類，即可達成乾燥之目的。反之，若在高濕度之空氣中，則雖加高熱，亦屬徒勞。水之沸騰非達一定之溫度不可，但蒸發則不然，在不拘如何之溫度之下，均於表面發生蒸發之現象。蒸發面愈廣，即與空氣之接觸面愈多，從而蒸發乃愈速。在風來之日，與乾燥物表面接觸之空氣量頗多，其乾燥迅速之情形，初與蒸發而廣大之情形，並無二致。但在空氣之濕度大增，水份既達飽和之時，則接觸之空氣雖多，接觸面雖廣，便欲達乾燥之目的亦不可得。緣乾燥之效率，端視空氣中濕度之多少而定；故空氣之濕度愈低，乾燥之效率愈高。惟濕度極低之空氣，非天然的條件所許，然則人工的控制，尙矣。

在一定量之空氣中，其水份之飽和量，恆視大氣之壓力及其溫度而有一定。溫度增高，飽和之水量亦增。例如：在氣壓 760 公

厘溫度 30 度 (攝氏,下同) 之下,空氣 1 公斤中之飽和水量爲 0.03 公斤。在同氣壓 80 度之下,空氣 1 公斤中之飽和量達 0.55 公斤之多。易言之,80 度之空氣中,高達 20 倍之巨。即溫度愈高而濕氣量愈增也。乾燥操作中所使用之空氣,若在大氣中完全飽和水分之場合,此空氣經乾燥機而受熱,溫度上升之下,乃發生新的飽和力無疑。例如以水分完全飽和,溫度 30 度之外氣,入乾燥機加熱,使達 80 度,其新增之飽和力可達 0.52 公斤之多。不僅此,高熱之空氣,飽和水份之力,非特極高,而水分之蒸發力,亦隨之增大。

乾燥操作中加熱之使命,在促進水份之蒸發,而其主要目的,蓋在使空氣之水份飽和力增高也。

穀類之乾燥,其表面水份之蒸發,足以影響組織內部中所起水份滲潤移動之變化。假若僅於表面發生急促之乾燥,而內部水份之移動遲遲而來,則穀粒之表面,乃生龜裂。又若表面之蒸發,較遲於內部水份之移動,乾燥物之內部組成,遂不免發生化學變化矣。

準是以觀,乾燥操作中之溫度及濕度,其影響所及,非僅乾燥工程而已,對於乾燥物之品質,亦頗重大。

二 穀類之含水量與品質及貯藏力

穀類之含水量,與其品質及耐藏力,有重大之關係。過乾之米,非僅徒費手續,升量減少;且有上口乏味,易增碎裂之病。反之,若乾燥不充分時,則缺乏貯藏耐久之力,且腐敗變質之下,遭

受蛀蝕之害，抑較前者不利。故欲期穀類交易及貯藏之安全妥善，適度之乾燥，乃屬極端重要之事。

例如根據糙米貯藏試驗之結果：在十個月後，檢查其貯藏減少量時，則在普通乾燥區水份 16.6% 情形之下每一袋減少 1.1 公斤，於火力乾燥區，則反見 0.7 公斤之增量。又就病害及虫害而論，則在普通乾燥區大而火力乾燥區極小。故穀類之乾燥與否，其於品質與貯藏力之增進上，關係之如何緊要，不難由此推想而知。

三 穀類之乾燥方法及火力乾燥之必要

穀類乾燥之法，有所謂天日乾燥者如普通架晒、席晒諸法，有效而且經濟。惟此類方法，大多經越夏季，往往發生困難。又如麥類之收穫期間，適值梅雨季節，乾燥上既屬非常不易，且不免發芽腐敗之虞。就此種情形而論，天日乾燥既不能舉充分乾燥之效果，若改用火力乾燥，乃覺便利而且安全。若加適當利用，則氣候不良，對於乾燥上之障害，殆可避免之。

農事之作業，大抵以臨時集合多人從事者為普通。若利用機械之力，則較諸臨時雇工之生產能率更大。試以穀類之乾燥為例，則舊法被支配於天氣之陰晴，場地之廣狹，以及日照之狀況，乃至附近障礙物之有無。程序之預定，乃不無困難之感。如使用火力乾燥裝置，則可不問晴雨，不拘晝夜，在狹小之一室，每日必有定量之穀類，可以完成乾燥之操作；縱在天氣多變之秋季，穀類乾燥之進行，毫無妨害；對去殼之米，亦有立使乾燥之把握。舊

法之收割，必視天氣以及晒穀之設備等條件而定，今則一掃此弊，且得改進其品質，及增加收割之量，誠屬一舉二得之妙策。又若鋪席之收拾，穀類翻動，日光之趨就，以及其他需用勞力之處，自朝至暮，非全力以赴不可。倘或搬運之際，稍稍疏忽，又有因風吹鳥啄之損失，在利用火力乾燥時，則初無此等顧慮之必要，然則火力乾燥，非僅舉物質的效果，大抵精神的利益，亦不在少。

通常從事農業生產者，對於其因勞作而致之肉體的痛苦言，以精神上因意外損害而致之苦痛為尤甚。故一旦利用穀類之火力乾燥裝置時，使得補足以上諸缺憾。復以其操作方便，心境愉快之下，自有餘裕以經營其他事業，如擴展耕地、增製自給肥料等等，裨益之處，蓋不勝枚舉也。

四 大氣壓與乾燥室內之氣壓

乾燥室內之氣壓，視裝置之式樣而異，自然通風式者，其氣壓與大氣壓等；機械通風式者，或較大氣壓高，或較大氣壓低，均可視事實上之需要，而為任意之設計。一立方公尺之空氣中，其飽和水蒸氣之量，不問氣壓如何，在同溫度之下，其值恆相等。又氣壓之高低，對於水份之蒸發，頗有影響。例如：在山頂低氣壓處，則無需達 100 度，水即沸騰。同理，乾燥室內氣壓之高低，與水蒸氣之發生，即水分之乾燥，亦有重大之關係。蓋扇風機之作用之下，吸入氣流發生些少之真空（亦即氣壓低下）；同時，於送出氣流則發生若干壓力；又在吸出式之情形下，室內之氣壓，必低於外氣，是即乾燥作用之所自來也。

五 乾燥與空氣之效果

空氣作用，對於乾燥所及之效果如次：

甲、可使熱量平均配布，傳達於乾燥物。

乙、蒸發之水蒸氣，可自乾燥物之表面，立即毫無遲滯的散去。

丙、可使一定時間內送入之熱量，常有一定，且得任意加減此項送入之熱量。

丁、可由控制水份之蒸發量，而任意操縱乾燥度。

爲促進水分之蒸發，必須加熱，而使熱傳達於被乾燥物之方法，有二：即直接傳熱，及由加熱空氣之間接傳熱是。

直接傳熱法，僅使受熱部分得高熱，與此受熱面隔開部分，其所受熱影響顯然甚少，例如穀類各部分水分之蒸發量發生差異之下，乾燥即不能平均。由是以觀，則此種乾燥機，非有攪拌裝置使受熱物始終移動不可。但欲使乾燥度得以任意加減，則仍屬極爲困難。利用此種方法之乾燥操作，粒狀物如穀類、水泥材料；其他長幅之板狀物如紙類、染織物、橡膠布之類；其結構間有空隙者如繭、毛織物、毛屑、棉、蔬菜類、木材等之乾燥，則絕對不採用此法。以加熱空氣爲媒介之傳熱方法，對於不論巨大至若何程度之物體，或組織如何微細之物體，其熱可分布於物與物之空隙中，得以平均熱量，傳達分布於表面，從而使物體各部之蒸發量，平均齊一，遂舉乾燥均勻之結果。水蒸氣立即爲空氣所吸收，而逸出物體表面之外，此項吸收作用，亦有促進水分蒸發之作用，乾燥操作上，實多利賴。

六 給風裝置

實際上使用之空氣量，通常恆較計算上之空氣量，為超出之供給。

決定空氣量之標準如下：

甲、乾燥物所含水量及其乾燥程度。

乙、乾燥室內之氣壓。

丙、外氣溫度及其可能加減之最高溫度。

丁、排氣之濕度及溫度。

戊、乾燥物之形狀及其組織。

己、乾燥物之熱效率。

庚、室內氣流之促進方法等。

若外氣之溫度高，則應行供給之空氣量需大。例如 5 度之空氣 1 立方公尺中，其飽和水量為 0.006 公斤，35 度之空氣 1 立方公尺中，水量為約 0.04 公斤。假令即用含濕量如上之空氣，不加熱而逕行加入乾燥操作，則非用六倍之 5 度空氣，不能與 35 度之空氣發生同一作用。然若將此等空氣均行加熱至 80 度時，則 35 度之空氣較諸 5 度之空氣僅需一成三分，已綽有裕餘。

排氣中所含濕度之百分率，對於給氣之影響亦大。即若排氣中含有多量之濕氣時，雖屬對於乾燥操作不無經濟之處，惟所需時間，則有延長之傾向。又在企圖使排氣中含有多量之濕氣時，則於乾燥室之構造，氣流之關係等方面，亦將增加若干麻煩。通常以備具空氣之攪拌裝置者，較諸無此設備者，其排氣中可含較

多之濕氣。總之，若在單位時間內送達乾燥物表面之空氣量較多，即可使乾燥物在同一時間內所受之熱量增多，亦即乾燥之熱效率增高耳。

不備具空氣攪拌裝置之乾燥機，其重大缺點之一，即所謂氣流之短促是。供給於室內之熱空氣，初無若何之貢獻，即出排氣口，而直接逸散。此種乾燥機，縱用盡許多手段，終不免若干短促之病。

乾燥室之熱效率高，則空氣量之供給可少。若熱效率低，則非使用大量之空氣不可。所謂熱效率者，乃乾燥機所消費之總熱量，與事實上所消費於蒸發之有效熱量之比也。

七 排氣裝置

自乾燥室排出之廢氣，若濕度高時，即所以表示對於乾燥操作之有利。大抵自然通風式所排出之廢氣中，其濕度恆較機械通風式為低。

在單位時間內，若排出氣體之重量與該一時間內供給之空氣重量相同，則其容積有顯然之差異。何以言之，設用 20 度之外氣千立方公尺，作供給之用，加熱至 80 度，由此熱空氣，以使某份量之水份蒸發乾燥，結果成為 40 度之廢氣，則各氣之容積如次：即空氣一立方公尺之重量，隨溫度之升降而不同。例如空氣在 20 度時之容積為千立方公尺者，至 40 度時成二千立方公尺，至 80 度時成二千二百立方公尺是。

排出氣體之氣溫，具有乾燥上之重大意義，且常與排出氣體之

濕度，有其密切之關係。例如濕度 40% 之 40 度排氣，若突然降至 35 度，則每 1 立方公尺中之含有濕量將減低 0.006 公斤。此減低量與濕度 40% 之 40 度空氣每 1 立方公尺中水分量之二成相當。亦即溫度下降一成時，其含水量減低二成。計算空氣重量之標準，亦略同於此一比率。

八 飽和水蒸氣與熱量

在一定容積空氣中之飽和水蒸氣量，不問其氣壓如何，恆視其溫度而有一定。例如 0 度時水蒸氣 1 立方公尺之重量，恆為 0.005 公斤，100 度之水蒸氣，1 立方公尺重 0.6 公斤即為 0 度時之 120 倍。空氣溫度之增高，與氣壓之降低，其結果亦可趨於一致。例如通常氣壓之下，70 度之空氣 1 立方公尺重 0.7 公斤。氣壓 500 公厘下 30 度之空氣 1 立方公尺之重，亦為 0.7 公斤。空氣之溫度增高，或氣壓下降時，雖可使其單位容積之重量減少，但水蒸氣則不然，溫度上升時，其 1 立方公尺之重量，反見增大。其重量與氣壓之高低無關，相當於空氣 1 公斤中飽和之水蒸氣量，隨空氣溫度之上升，與氣壓之低下而成累進的增加。例如氣壓 500 公厘時 30 度空氣 1 公斤中飽和之水量為 0.04 公斤；氣壓 760 公厘時 30 度空氣 1 公斤中飽和之水量為 0.03 公斤；氣壓 760 公厘時 0 度空氣 1 公斤中飽和之水分量為 0.004 公斤。

又同溫度氣壓 760 公厘下空氣 1 立方公尺之重量為 1.12 公斤，760 公厘下 30 度時空氣 1 公斤中飽和之水份量為 0.03 公斤。

九 乾燥所需之空氣、排氣溫度及總熱量

若假定大氣中之空氣已完全為濕氣所飽和，則進而計算同時由乾燥機中排出排氣之為水蒸氣所飽和者如下：

設在單位時間內供給乾燥機之空氣量為 l 公斤

空氣 1 公斤中來自大氣之濕氣量為 ld 公斤

排氣中之飽和總水量為 ldn 公斤

由乾燥物蒸發而出之水量為 W 公斤

外氣溫度為 t_a 度

加熱空氣之最高溫度為 t_h 度

自乾燥機排出之排氣溫為 t_n 度

空氣 1 公斤在溫度 t_a 度時之容積為 V_{la}

則空氣量 1 公斤熱至最高溫度 t_h 度時之容積 V_{lh} 可作下列之配置以行乾燥：

外 氣	加 熱 室	乾 燥 室		室 外	
		入 室 時	出 室 時		
給 氣 量 1+ld		空 氣 量 1+ld	} W {	空 氣 量 1+ld+w	1+ldn
溫 度 ta		溫 度 th		溫 度 tn	
容 積 Vla		容 積 Vlh		容 積 Vln	

上表說明給氣量 1 公斤自大氣中與含有濕氣量 ld 公斤共以溫度 t_a 度入加熱室，加熱至 t_h 度而送入乾燥室。此 t_h 度之熱空氣，入乾燥室而吸收 W 公斤之水分，溫度自 t_h 度冷却至 t_n 度

而排出室外，此時之排氣量爲： $(1 + ld + W)$ 公斤，或 $1 + ld_n$ 公斤。

又供給之空氣量爲 1 公斤時，若在溫度 t_a 度時之容積爲 V_{la} 立方公尺，則入加熱室後，溫度自 t_a 度升至 t_h 度，容積成爲 V_{lh} 立方公尺。以此空氣送入乾燥室，在吸收 W 公斤水量之下，溫度下降至 t_n 度容積收縮至 V_{ln} 立方公尺。由此可見，乾燥操作所使用之空氣，非完成下列二項要務不可：

1. 空氣 1 公斤與來自大氣之濕氣量 ld 公斤共熱至 t_h 度而入乾燥室，此處因吸收水分而使溫度自 t_h 度下降至 t_n 度，其 $(t_h - t_n)$ 時所消費之熱量，必須足供乾燥物自原來溫度加熱至其最高溫度 t_z 度及使其中所含水量 W 公斤完全蒸發。

2. 廢氣排出時之溫度爲 t_n 度乃水分 W 公斤蒸發而出，與來自大氣中濕氣 la 公斤化成水蒸氣形態時所保持之溫度。

設 C = 消費於乾燥室有效熱量之卡數

r = 空氣之比熱 0.2375

S = 水蒸氣之比熱 0.475

則次列方程式必可成立：

$$(1r + lds)(t_h - t_n) = C \dots\dots\dots(1)$$

$$l(dn - d) = W \dots\dots\dots(2)$$

$$\therefore l = \frac{W}{dn - d} = W \dots\dots\dots(3)$$

以 (1) 式中之 l 代入 (3) 式則

$$\frac{W}{dn - d}(r + ds)(t_h - t_n) = C \dots\dots\dots(4)$$

但

$$r = 0.2375, \quad S = 0.475.$$

$$\therefore \frac{W}{dn - d}(0.2375 + 0.475d)(t_h - t_n) = C.$$

$$\therefore \frac{t_h - t_n}{d_n - d} = \frac{C}{W(0.2375 + 0.475d)} \dots \dots \dots (5)$$

乾燥物本身加熱所需之熱量，雖視乾燥物之種類而異，但就消耗於乾燥之全熱量而言，則微乎其微。故事實上可以不加考慮，從而熱量之計算可如次。

水量 W 公斤自其原來溫度 t_n 度加熱至 t 度所需之總熱量 = $W(640 - t_n)$ 卡。

故 W 公斤之水量，自其原來溫度 t_u 度化為 t_n 度水蒸氣所需總熱量之卡數為

$$C = W(t_n - t_u) + W(640 - t_n)$$

$$\therefore C = W(640 - t_u) \dots \dots \dots (6)$$

乾燥物之原來溫度，其時恆較外氣溫度為低， t_n 在便利上恆作 15 度計算。

公式 (5) 中 t_n 及 d_n 即排氣溫度，其 1 公斤中之水量非經照 (5) 式之運算，不能得其結果。 t_n 與 d_n 乃互相關聯者，若知 t_n ，即可立即下表求知 d_n ，若 t_n 不明，則必先假定 t_n 之值，然後由同表以求 d_n 之值，如運算之結果，與右項不等，應再經若干次之假定，在左項與右項相等時，以求得 t_n 及 d_n 之值。

此項假數之定法，可視空氣之最高溫度，及可乾燥之水量而決。排氣溫度 t_n 度，空氣自最高溫度 t_h 而顯著的下降，故可推察其溫度約近一半， t_n 及 d_n 之真相既明，則乾燥所需之空氣量 1 公斤，即可由公式 (3) 求得之。

飽和水蒸氣與無水空氣之壓力，其每 1 立方公尺之重量，及在氣壓 760 公厘 740 公厘 500 公厘之下各溫度空氣 1 公斤中所含飽和水蒸氣量，如下表：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
溫度	飽和水蒸氣1立方公尺之重量	飽和水蒸氣之壓力	氣壓中飽氣之壓力	氣壓760公厘中飽氣1立方公尺之重量	氣壓760公厘中飽氣1立方公尺之重量	同	氣壓740公厘中飽氣1立方公尺之重量	上	同	氣壓500公厘中飽氣1立方公尺之重量	上
C	公 斤	公 厘	公 厘	公 斤	公 斤	公 厘	公 斤	公 斤	公 厘	公 斤	公 斤
0	0.00496	4.600	755.40	1.2832	0.00387	735.40	1.2502	0.00396	495.40	0.4820	0.00589
5	0.00696	6.530	753.47	1.2589	0.00553	733.47	1.2257	0.00566	493.47	0.8225	0.00846
10	0.00951	9.160	750.84	1.2332	0.00771	730.84	1.1987	0.00795	490.84	0.8050	0.01180
15	0.01289	12.700	747.30	1.2050	0.01080	727.30	1.1709	0.01100	487.30	0.7850	0.01650
20	0.01753	17.390	742.61	1.1770	0.01480	722.61	1.1453	1.01530	482.61	0.7650	0.02290
25	0.02312	23.550	736.46	1.1445	0.02020	716.46	1.1134	0.02070	476.45	0.7400	0.03120
30	0.03080	31.550	728.45	1.1168	0.02750	708.45	1.0861	0.02830	468.45	0.7180	0.04290
35	0.03970	41.830	718.17	1.0845	0.03660	698.17	1.0543	0.03760	458.17	0.6920	0.05730
40	0.05120	54.910	705.09	1.0463	0.04890	685.09	1.0207	0.05010	445.09	0.6600	0.07760
45	0.06570	71.400	688.60	1.0054	0.06530	668.60	0.9751	0.06730	428.60	0.6260	0.10490
50	0.08340	91.280	668.02	0.9610	0.08680	648.02	0.9318	0.08950	408.02	0.5860	1.14230
55	0.10450	117.980	642.52	0.9070	0.11520	622.50	0.8797	0.11850	382.52	0.5390	0.19390